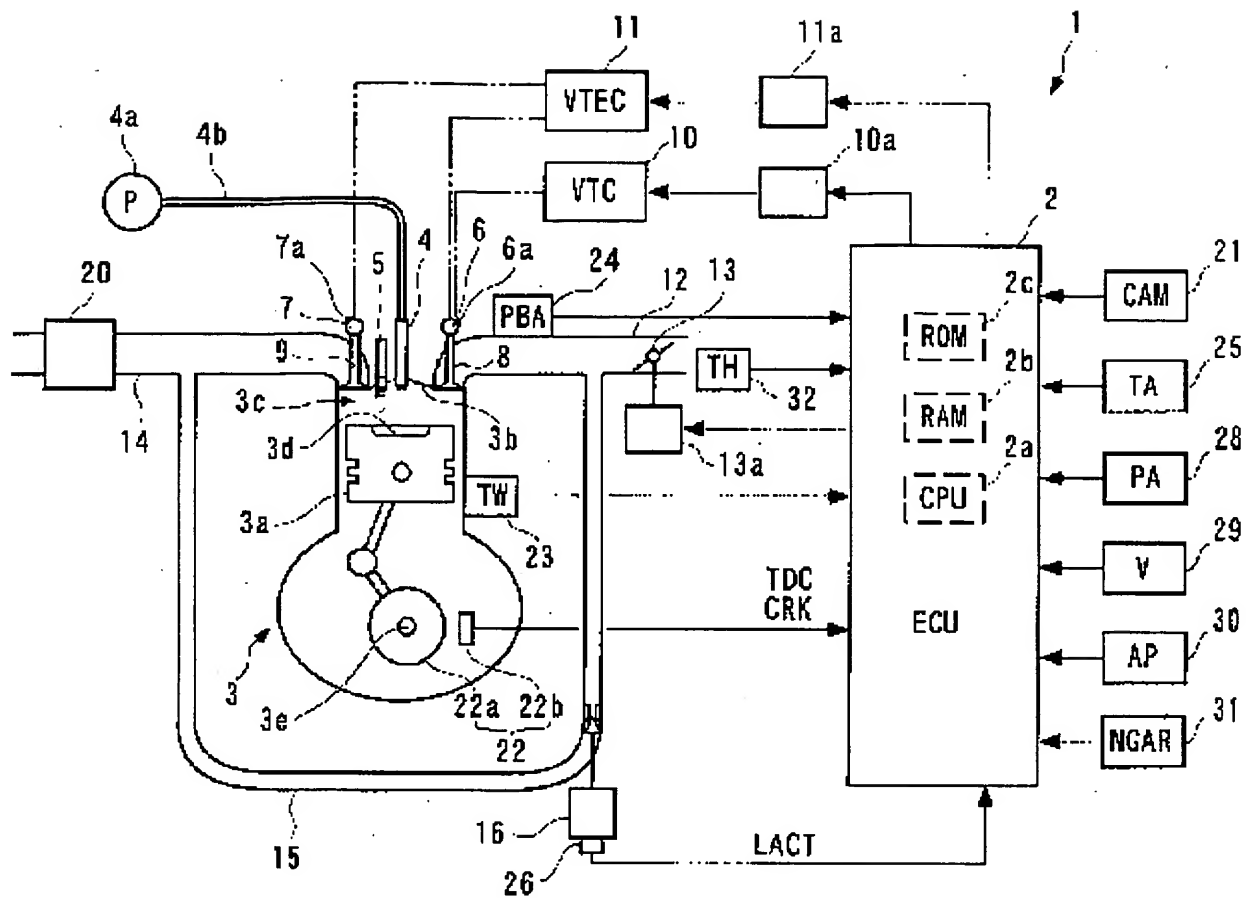


AN: PAT 2002-414394  
TI: Ignition time controller for direct injection type internal combustion engine, corrects basic ignition time based on difference between detected actual cam phase and target cam phase  
PN: US2002033164-A1  
PD: 21.03.2002  
AB: NOVELTY - An ECU (2) determines the basic ignition time based on the engine rotational speed, required torque during uniform combustion mode, and required torque during stratified combustion mode of the engine. A correction unit corrects the basic ignition time based on the difference between the detected actual cam phase and the target cam phase. DETAILED DESCRIPTION - INDEPENDENT CLAIMS are also included for the following: (a) Ignition time controlling method; (b) Engine control unit; USE - For direct injection type internal combustion engine e.g. straight four-cylinder DOHC type gasoline engine for vehicle. ADVANTAGE - Corrects ignition time based on change in cam phase such that the ignition time rapidly converges to optimal value either during uniform combustion mode or stratified combustion mode. DESCRIPTION OF DRAWING(S) - The figure shows the block diagram of the ignition time controller. ECU 2  
PA: (HOND ) HONDA GIKEN KOGYO KK; (HOND ) HONDA MOTOR CO LTD;  
IN: OGAWA K; TAGAMI H; UEDA K;  
FA: US2002033164-A1 21.03.2002; JP3616320-B2 02.02.2005;  
**DE10146504**-A1 29.05.2002; JP2002098033-A 05.04.2002;  
US6581564-B2 24.06.2003;  
CO: DE; JP; US;  
IC: F02B-017/00; F02B-023/08; F02B-023/10; F02D-013/02;  
F02D-041/34; F02D-043/00; F02D-043/04; F02P-005/15;  
MC: T01-J07D1; X22-A01B; X22-A05C; X22-A20E;  
DC: Q52; Q54; T01; X22;  
FN: 2002414394.gif  
PR: JP0287631 21.09.2000;  
FP: 21.03.2002  
UP: 15.02.2005

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12 **Offenlegungsschrift**  
10 **DE 101 46 504 A 1**

51 Int. Cl.7:  
**F 02 D 43/04**  
F 02 P 5/15

21 Aktenzeichen: 101 46 504.1  
22 Anmeldetag: 21. 9. 2001  
43 Offenlegungstag: 29. 5. 2002

DE 101 46 504 A 1

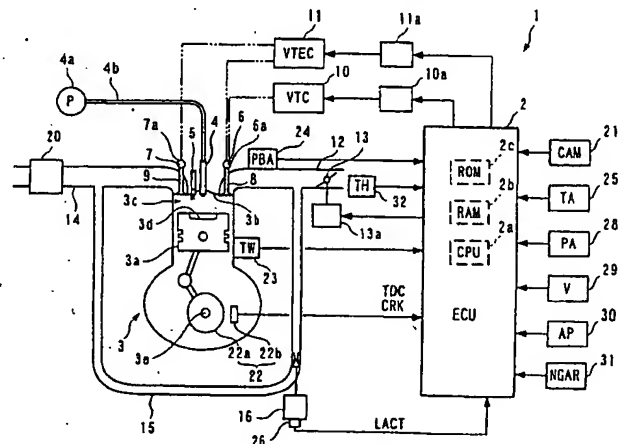
30 Unionspriorität:  
P 287631/00 21. 09. 2000 JP  
71 Anmelder:  
Honda Giken Kogyo K.K., Tokio/Tokyo, JP  
74 Vertreter:  
Weickmann & Weickmann, 81679 München

72 Erfinder:  
Ogawa, Ken, Wako, Saitama, JP; Ueda, Kazuhiro,  
Wako, Saitama, JP; Tagami, Hiroshi, Wako,  
Saitama, JP

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

54 Zündzeitpunkt-Steuervorrichtung und Zündzeitpunkt-Steuerverfahren für Verbrennungsmotoren

57 Es wird eine Zündzeitpunkt-Steuervorrichtung für einen Verbrennungsmotor (3) geschaffen, um einen Zündzeitpunkt so einzustellen, daß er schnell gegen einen geeigneten Wert konvergieren kann, entsprechend einer Änderung der Einlaßeigenschaften, die einer Änderung einer Nockenphase zugeordnet sind, sowohl in einem gleichmäßigen Verbrennungsmodus als auch in einem geschichteten Verbrennungsmodus in einem Direkteinspritzstyp-Verbrennungsmotor (3) mit einem Nockenphasenänderungsmechanismus (10). Die Zündzeitpunkt-Steuervorrichtung umfaßt eine Soll-Drehmoment-Ermittlungseinheit zum Ermitteln eines Soll-Drehmoments, das vom Verbrennungsmotor (3) abgegeben wird, auf der Grundlage einer Motordrehzahl und einer Gaspedalöffnung; eine Kraftstoffeinspritzzeitpunkt-Ermittlungseinheit zum Ermitteln eines Zeitpunkts, zu dem ein Kraftstoff in einen Zylinder eingespritzt wird; eine Grundzündzeitpunkt-Ermittlungseinheit zum Ermitteln eines Grundzündzeitpunkts auf der Grundlage der Motordrehzahl und des Soll-Drehmoments im gleichmäßigen Verbrennungsmodus bzw. auf der Grundlage der Motordrehzahl und des Kraftstoffeinspritzzeitpunkts im geschichteten Verbrennungsmodus sowie eine Grundzündzeitpunkt-Korrektureinheit zum Korrigieren des Grundzündzeitpunkts entsprechend einer Nockenphasenabweichung zwischen einer Ist-Nockenphase und einer Soll-Nockenphase.



DE 101 46 504 A 1

## HINTERGRUND DER ERFINDUNG

## Gebiet der Erfindung

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich allgemein auf eine Zündzeitpunkt-Steuervorrichtung und ein Zündzeitpunkt-Steuerverfahren für Verbrennungsmotoren, und insbesondere auf eine Zündzeitpunkt-Steuervorrichtung und ein Zündzeitpunkt-Steuerverfahren für einen Verbrennungsmotor, der einen Nockenphasenänderungsmechanismus zum Ändern der Nockenphase wenigstens eines Einlaßnockens zum Öffnen/Schließen eines Einlaßventils und/oder eines Auslaßnockens zum Öffnen/Schließen eines Auslaßventils aufweist, um eine Soll-Nockenphase zu erreichen, so daß der Motor in einem Verbrennungsmodus betrieben wird, der umgeschaltet wird zwischen einem gleichmäßigen Verbrennungsmodus, in welchem die Kraftstoffeinspritzung während eines Einlaßhubes durchgeführt wird, und einem geschichteten Verbrennungsmodus, in welchem die Kraftstoffeinspritzung während eines Kompressionshubes durchgeführt wird.

## Beschreibung des Standes der Technik

[0002] Eine herkömmliche Zündzeitpunkt-Steuervorrichtung für einen Verbrennungsmotor des obenerwähnten Typs ist z. B. bekannt aus der offengelegten japanischen Patentanmeldung Nr. 9-209895. Ein in diesem Dokument beschriebener Verbrennungsmotor umfaßt einen Nockenphasenänderungsmechanismus, der die Phase eines Einlaßnockens (im folgenden mit "Nockenphase" bezeichnet) bezüglich einer Kurbelwelle ändert. Die Nockenphase wird geregelt, um eine Soll-Nockenphase als einen Sollwert zu erreichen, um eine Ventileinstellung eines Einlaßventils, d. h. die Überlappung des Einlaßventils mit einem Auslaßventil, usw. zu ändern, wodurch die Einlaßeigenschaften kontrolliert werden, die dargestellt werden durch eine Füllungseffizienz und eine innere EGR (EGR = Abgasrückführung). Die Soll-Nockenphase wird ermittelt auf der Grundlage der Motordrehzahl und einer Last (einer Einlaßluftmasse pro Umdrehung des Motors). Ferner ermittelt diese Steuervorrichtung einen Grundzündzeitpunkt auf der Grundlage der Motordrehzahl und der Last, berechnet eine Nockenphasenabweichung, die die Abweichungsgröße einer Ist-Nockenphase von der Soll-Nockenphase angibt, und ermittelt eine Korrekturgröße für den Grundzündzeitpunkt auf der Grundlage der Motordrehzahl, der Last und der Nockenphasenabweichung.

[0003] Ferner spritzt ein neuerer Verbrennungsmotor, der als Direkteinspritzungstyp bekannt ist, einen Kraftstoff direkt in einen Zylinder ein und wird in einem Verbrennungsmodus betrieben, der zwischen einem gleichmäßigen Verbrennungsmodus und einem geschichteten Verbrennungsmodus umgeschaltet wird, um die Kraftstoffwirtschaftlichkeit zu verbessern (siehe z. B. die offengelegte japanische Patentanmeldung Nr. 11-22508). In diesem Verbrennungsmotor wird während eines Betriebs mit sehr geringer Last, wie z. B. dem Leerlauf, der geschichtete Verbrennungsmodus ausgeführt, indem eine Kraftstoffeinspritzung während eines Einlaßhubes durchgeführt wird, wobei eine Drosselklappe im wesentlichen vollständig geöffnet ist, um eine große Menge an Einlaßluft in einen Zylinder zu leiten und bei einem sehr viel mageren Luft/Kraftstoff-Verhältnis als dem stöchiometrischen Luft/Kraftstoff-Verhältnis zu verbrennen. Andererseits wird der gleichmäßige Verbrennungsmodus während der anderen Betriebszustände außer dem

Betrieb mit extrem geringer Last durchgeführt, indem eine Kraftstoffeinspritzung während eines Kompressionshubes durchgeführt wird und eine Drosselklappenöffnung entsprechend der Motordrehzahl und der Last gesteuert wird, um die Einlaßluftmenge für eine Verbrennung bei einem fetteren Luft/Kraftstoff-Verhältnis als im geschichteten Verbrennungsmodus zu steuern.

[0004] Wie oben beschrieben worden ist, verwendet die herkömmliche Zündzeitpunkt-Steuervorrichtung die Einlaßluftmasse pro Umdrehung des Motors als Stellvertreter der Last, auf den als ein Parameter zum Ermitteln des Grundzündzeitpunkts zurückgegriffen wird. Andererseits ändert sich die Last, wenn sich die Ist-Nockenphase des Nockenphasenänderungsmechanismus ändert, um eine Änderung der Füllungseffizienz, der Einlaßluftmenge usw. zu bewirken. Als Ergebnis leidet diese Zündzeitpunkt-Steuervorrichtung unter einer Verzögerung der Konvergenz des Zündzeitpunkts gegen einen optimalen Wert aufgrund des kontinuierlich schwankenden Grundzündzeitpunkts, der aus der variierenden Ist-Nockenphase resultiert, und hat daher Schwierigkeiten, jederzeit einen optimalen Zündzeitpunkt gemäß den Motorbetriebsbedingungen einzustellen.

[0005] Dieses Problem ist insbesondere auffällig, wenn die Zündzeitpunkt-Steuervorrichtung in dem obenerwähnten Direkteinspritzungstyp-Verbrennungsmotor verwendet wird, und insbesondere, wenn der Motor im geschichteten Verbrennungsmodus betrieben wird. Genauer, da wie oben beschrieben die Verbrennung im geschichteten Verbrennungsmodus in einem extrem mageren Luft/Kraftstoff-Verhältnis durchgeführt wird, ist der Kraftstoff im geschichteten Verbrennungsmodus inhärent schwieriger zu verbrennen als im gleichmäßigen Verbrennungsmodus. Wenn daher der Zündzeitpunkt verzögert gegen einen optimalen Wert konvergiert, insbesondere im geschichteten Verbrennungsmodus, wird der Verbrennungszustand wahrscheinlicher beeinträchtigt, was zu einer geringeren Betriebsfähigkeit und zu schlechteren Abgaseigenschaften führt.

## AUFGABE UND ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0006] Die vorliegende Erfindung soll das obenerwähnte Problem lösen, wobei ihre Aufgabe darin besteht, eine Zündzeitpunkt-Steuervorrichtung und ein Zündzeitpunkt-Steuerverfahren für einen Verbrennungsmotor zu schaffen, die einen Zündzeitpunkt auf einen optimalen Wert einstellen können in Abhängigkeit von einer Änderung der Einlaßeigenschaften, die einer Änderung der Nockenphase zugeordnet ist, so daß der Zündzeitpunkt in einem Direkteinspritzungstyp-Verbrennungsmotor mit einem Nockenphasenänderungsmechanismus sowohl im gleichmäßigen Verbrennungsmodus als auch im geschichteten Verbrennungsmodus schnell gegen den optimalen Wert konvergiert.

[0007] Um die obige Aufgabe zu lösen, wird gemäß einem ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung eine Zündzeitpunkt-Steuervorrichtung für einen Verbrennungsmotor geschaffen, der ausgerüstet ist mit einem Nockenphasenänderungsmechanismus zum Ändern einer Nockenphase bezüglich einer Kurbelwelle für wenigstens einen Einlaßnocken zum Öffnen/Schließen eines Einlaßventils und/oder einen Auslaßnocken zum Öffnen/Schließen eines Auslaßventils, so daß die Nockenphase eine Soll-Nockenphase erreicht, so daß der Motor in einem Verbrennungsmodus betrieben wird, der umgeschaltet wird zwischen einem gleichmäßigen Verbrennungsmodus, in welchem ein Kraftstoff während eines Einlaßhubes in einen Zylinder eingespritzt wird, und einem geschichteten Verbrennungsmodus, in welchem ein Kraftstoff während eines Kompressionshubes in einen Zylinder

eingespritzt wird.

[0008] Die Zündzeitpunkt-Steuervorrichtung gemäß dem ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, daß sie umfaßt: ein Motordrehzahl-Erfassungsmittel zum Erfassen einer Drehzahl des Verbrennungsmotors; ein Gaspedalöffnungs-Erfassungsmittel zum Erfassen einer Öffnung eines Gaspedals; ein Soll-Drehmoment-Ermittlungsmittel zum Ermitteln eines Soll-Drehmoments, das vom Verbrennungsmotor abgegeben wird, auf der Grundlage der erfaßten Motordrehzahl und der Gaspedalöffnung; ein Kraftstoffeinspritzzeitpunkt-Ermittlungsmittel zum Ermitteln eines Zeitpunkts, zu dem ein Kraftstoff in den Zylinder eingespritzt wird; ein Grundzündzeitpunkt-Ermittlungsmittel zum Ermitteln eines Grundzündzeitpunkts auf der Grundlage der Motordrehzahl und des ermittelten Soll-Drehmoments, wenn sich der Motor im gleichmäßigen Verbrennungsmodus befindet, und zum Ermitteln des Grundzündzeitpunkts auf der Grundlage der Motordrehzahl und des ermittelten Kraftstoffeinspritzzeitpunkts, wenn sich der Motor im geschichteten Verbrennungsmodus befindet; ein Ist-Nockenphasen-Erfassungsmittel zum Erfassen einer Ist-Nockenphase; und ein Zündzeitpunkt-Korrekturmittel zum Korrigieren des Grundzündzeitpunkts entsprechend einer Nockenphasenabweichung, die eine Differenz zwischen der erfaßten Ist-Nockenphase und der Soll-Nockenphase ist.

[0009] Der Verbrennungsmotor wird in einem Verbrennungsmodus betrieben, der umgeschaltet wird zwischen dem gleichmäßigen Verbrennungsmodus, in welchem ein Kraftstoff während eines Einlaßhubes in einen Zylinder eingespritzt wird, und dem geschichteten Verbrennungsmodus, in welchem der Kraftstoff während eines Kompressionshubes eingespritzt wird. Ferner wird gemäß der Zündzeitpunkt-Steuervorrichtung im ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung der Grundzündzeitpunkt im gleichmäßigen Verbrennungsmodus auf der Grundlage der Motordrehzahl und des Soll-Drehmoments ermittelt. Da das Soll-Drehmoment als ein vom Verbrennungsmotor abgegebenes Drehmoment auf der Grundlage der Motordrehzahl und der Gaspedalöffnung ermittelt wird, gibt das Soll-Drehmoment eine aktuelle Last wieder und wird nicht direkt beeinflusst durch eine Änderung, falls vorhanden, der Einlaßeigenschaften, wie z. B. einer Füllungseffizienz, die einer Änderung der Nockenphase des Nockenphasenänderungsmechanismus zugeordnet ist, so daß das Soll-Drehmoment eine sehr kleine Schwankungsgröße aufgrund einer solchen Änderung aufweist. Im gleichmäßigen Verbrennungsmodus kann daher der Grundzündzeitpunkt in Abhängigkeit vom Soll-Drehmoment, d. h. der Last, in einer stabilen Weise geeignet eingestellt werden, ohne durch eine Änderung der Einlaßeigenschaften, die einer Änderung der Nockenphase zugeordnet sind, signifikant beeinflusst zu werden.

[0010] Andererseits wird im geschichteten Verbrennungsmodus der Grundzündzeitpunkt auf der Grundlage der Motordrehzahl und des Kraftstoffeinspritzzeitpunkts ermittelt. Im geschichteten Verbrennungsmodus muß der Zündzeitpunkt genau in Übereinstimmung mit einem Zeitpunkt gesetzt werden, zu dem ein Luft/Kraftstoff-Gemisch nahe der Zündkerze vorhanden ist, da der Kraftstoff während eines Kompressionshubes eingespritzt wird. Somit kann der Grundzündzeitpunkt geeignet gesetzt werden durch Ermitteln desselben auf der Grundlage eines aktuellen Kraftstoffeinspritzzeitpunkts. Da ferner der Kraftstoffeinspritzzeitpunkt durch eine Änderung der Einlaßeigenschaften, die einer Änderung der Nockenphase zugeordnet ist, nicht direkt beeinflusst wird, kann der Grundzündzeitpunkt im geschichteten Verbrennungsmodus stabil und geeignet gesetzt werden.

[0011] Ferner wird der wie oben beschrieben ermittelte

Grundzündzeitpunkt in Abhängigkeit von der Nockenphasenabweichung zwischen der Ist-Nockenphase und der Soll-Nockenphase korrigiert, so daß ein optimaler Zündzeitpunkt entsprechend den aktuellen Einlaßeigenschaften gesetzt werden kann. Gemäß der Zündzeitpunkt-Steuervorrichtung der vorliegenden Erfindung kann somit der Grundzündzeitpunkt stabil und geeignet gesetzt werden, ohne durch eine Änderung der Einlaßeigenschaften, die einer Änderung der Nockenphase zugeordnet ist, signifikant beeinflusst zu werden, wobei der Grundzündzeitpunkt in Abhängigkeit von der Nockenphasenabweichung korrigiert wird, wodurch es möglich wird, den Zündzeitpunkt so zu setzen, daß er schnell gegen einen optimalen Wert konvergiert, in Abhängigkeit von der Änderung der Einlaßeigenschaften, die der Änderung der Nockenphase zugeordnet ist.

[0012] Um die obige Aufgabe zu lösen, wird gemäß einem zweiten Aspekt der vorliegenden Erfindung ein Zündzeitpunkt-Steuerverfahren für einen Verbrennungsmotor geschaffen, der ausgerüstet ist mit einem Nockenphasenänderungsmechanismus zum Ändern einer Nockenphase bezüglich einer Kurbelwelle für wenigstens einen Einlaßnocken zum Öffnen/Schließen eines Einlaßventils und/oder einen Auslaßnocken zum Öffnen/Schließen eines Auslaßventils, so daß die Nockenphase eine Soll-Nockenphase erreicht, so daß der Motor in einem Verbrennungsmodus betrieben wird, der umgeschaltet wird zwischen einem gleichmäßigen Verbrennungsmodus, in welchem ein Kraftstoff während eines Einlaßhubes in einen Zylinder eingespritzt wird, und einem geschichteten Verbrennungsmodus, in welchem ein Kraftstoff während eines Kompressionshubes in einen Zylinder eingespritzt wird.

[0013] Das Zündzeitpunkt-Steuerverfahren gemäß dem zweiten Aspekt der vorliegenden Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, daß es die Schritte umfaßt: Erfassen einer Drehzahl des Verbrennungsmotors; Erfassen einer Öffnung eines Gaspedals; Ermitteln eines Soll-Drehmoments, das vom Verbrennungsmotor abgegeben wird, auf der Grundlage der erfaßten Motordrehzahl und der Gaspedalöffnung; Ermitteln eines Zeitpunkts, zu dem ein Kraftstoff in den Zylinder eingespritzt wird; Ermitteln eines Grundzündzeitpunkts auf der Grundlage der Motordrehzahl und des erfaßten Soll-Drehmoments, wenn sich der Motor im gleichmäßigen Verbrennungsmodus befindet, und Ermitteln des Grundzündzeitpunkts auf der Grundlage der Motordrehzahl und des ermittelten Kraftstoffeinspritzzeitpunkts, wenn sich der Motor im geschichteten Verbrennungsmodus befindet; Erfassen einer Ist-Nockenphase; und Korrigieren des Grundzündzeitpunkts entsprechend einer Nockenphasenabweichung, die eine Differenz zwischen der erfaßten Ist-Nockenphase und einer Soll-Nockenphase ist.

[0014] Dieses Steuerverfahren erzielt die gleichen vorteilhaften Wirkungen wie oben mit Bezug auf die Zündzeitpunkt-Steuervorrichtung gemäß dem ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung beschrieben worden ist.

[0015] In der Zündzeitpunkt-Steuervorrichtung enthält das Grundzündzeitpunkt-Korrekturmittel vorzugsweise ein Vorrückrichtung-Korrekturmittel zum Korrigieren des Grundzündzeitpunkts in einer Vorrückrichtung, wenn die Nockenphasenabweichung größer ist als ein vorgegebener oberer Grenzwert.

[0016] Mit dieser Konfiguration wird der Grundzündzeitpunkt in Vorrückrichtung korrigiert, wenn die Nockenphasenabweichung größer ist als der vorgegebene obere Grenzwert, d. h. wenn die Ist-Nockenphase in Vorrückrichtung bezüglich der Soll-Nockenphase abweicht, so daß der Zündzeitpunkt entsprechend der Richtung der Ist-Abweichung der Nockenphase besser gesetzt werden kann. Da ferner der Grundzündzeitpunkt nur dann korrigiert wird, wenn die

Nockenphasendifferenz größer ist als der vorgegebene obere Grenzwert, d. h. wenn die Größe der aktuellen Abweichung der Nockenphase groß ist, kann die Stabilität des Zündzeitpunkts aufrechterhalten werden.

[0017] Im Zündzeitpunkt-Steuerverfahren umfaßt der Schritt des Korrigierens des Grundzündzeitpunkts ferner vorzugsweise das Korrigieren des Grundzündzeitpunkts in einer Vorrückrichtung, wenn die Nockenphasenabweichung größer ist als ein vorgegebener oberer Grenzwert.

[0018] Diese bevorzugte Ausführungsform des Steuerverfahrens erzielt die gleichen vorteilhaften Wirkungen, wie sie von der entsprechenden bevorzugten Ausführungsform der Zündzeitpunkt-Steuervorrichtung erzielt werden.

[0019] In der Zündzeitpunkt-Steuervorrichtung umfaßt das Grundzündzeitpunkt-Korrekturmittel ferner vorzugsweise ein Verzögerungsrichtung-Korrekturmittel zum Korrigieren des Grundzündzeitpunkts in einer Verzögerungsrichtung, wenn die Nockenphasenabweichung kleiner ist als ein vorgegebener unterer Grenzwert.

[0020] Mit dieser Konfiguration wird der Grundzündzeitpunkt in Verzögerungsrichtung korrigiert, wenn die Nockenphasenabweichung kleiner ist als der vorgegebene untere Grenzwert, d. h. wenn die Ist-Nockenphase in Verzögerungsrichtung bezüglich der Soll-Nockenphase abweicht, so daß der Zündzeitpunkt entsprechend der Richtung der Ist-Abweichung der Nockenphase besser gesetzt werden kann, wobei die Stabilität des Zündzeitpunkts aufrechterhalten kann, wie in dem Fall der Steuerung des Zündzeitpunkts, wenn die Nockenphase in Vorrückrichtung abweicht.

[0021] Im Zündzeitpunkt-Steuerverfahren umfaßt der Schritt des Korrigierens des Grundzündzeitpunkts ferner vorzugsweise das Korrigieren des Grundzündzeitpunkts in einer Verzögerungsrichtung, wenn die Nockenphasenabweichung kleiner ist als ein vorgegebener unterer Grenzwert.

[0022] Diese bevorzugte Ausführungsform des Steuerverfahrens erzielt die gleichen vorteilhaften Wirkungen, wie sie von der entsprechenden bevorzugten Ausführungsform der Zündzeitpunkt-Steuervorrichtung erzielt werden.

[0023] In der Zündzeitpunkt-Steuervorrichtung korrigiert ferner das Grundzündzeitpunkt-Korrekturmittel vorzugsweise den Grundzündzeitpunkt mit jeweils unterschiedlichen Korrekturgrößen, wenn sich der Motor im gleichmäßigen Verbrennungsmodus befindet, und wenn sich der Motor im geschichteten Verbrennungsmodus befindet.

[0024] Im allgemeinen wird der Zündzeitpunkt durch eine Änderung der inneren EGR-Größe und ein effektives Compressionsverhältnis, die einer Änderung der Nockenphase im gleichmäßigen Verbrennungsmodus zugeordnet sind, stark beeinflusst, während der Zündzeitpunkt im geschichteten Verbrennungsmodus weniger durch die Nockenphase, sondern stärker durch den Kraftstoffeinspritzzeitpunkt beeinflusst wird. Gemäß der vorliegenden Erfindung wird daher im gleichmäßigen Verbrennungsmodus und im geschichteten Verbrennungsmodus der Grundzündzeitpunkt unter Verwendung einer Korrekturgröße korrigiert, die an die Eigenschaften der entsprechenden Modi angepaßt ist, so daß der Zündzeitpunkt geeigneter gesetzt werden kann.

[0025] Im Zündzeitpunkt-Steuerverfahren enthält der Schritt des Korrigierens des Grundzündzeitpunkts ferner vorzugsweise das Korrigieren des Grundzündzeitpunkts mit jeweils unterschiedlichen Korrekturgrößen, wenn sich der Motor im gleichmäßigen Verbrennungsmodus befindet, und wenn sich der Motor im geschichteten Verbrennungsmodus befindet.

[0026] Diese bevorzugte Ausführungsform des Steuerverfahrens erzielt die gleichen vorteilhaften Wirkungen, wie sie von der entsprechenden bevorzugten Ausführungsform der Zündzeitpunkt-Steuervorrichtung erzielt werden.

[0027] Ferner enthält der Motor ein Kraftstoffeinspritzventil zum Einspritzen des Kraftstoffes, das in einem zentralen Abschnitt einer oberen Wand einer Brennkammer des Zylinders angeordnet ist, um den Kraftstoff in Richtung einer in einem Kolben ausgebildeten Aussparung einzuspritzen.

[0028] Gemäß dieser bevorzugten Ausführungsform können die vorteilhaften Wirkungen, die von der Zündzeitpunkt-Steuervorrichtung und dem Zündzeitpunkt-Steuerverfahren gemäß der ersten und der zweiten Ausführungsform der Erfindung und ihren obenbeschriebenen bevorzugten Ausführungsformen erzielt werden, in einer optimierten Weise erhalten werden.

[0029] Die obigen und weitere Aufgaben, Merkmale und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden deutlicher anhand der folgenden genauen Beschreibung in Verbindung mit den beigefügten Zeichnungen.

#### KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0030] Fig. 1 ist ein Blockschaltbild, das allgemein die Konfiguration einer Zündzeitpunkt-Steuervorrichtung für einen Verbrennungsmotor gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt;

[0031] Fig. 2 bis 5 sind Flußdiagramme, die gemeinsam ein Programm zeigen, das von einer Steuervorrichtung in Fig. 1 ausgeführt wird, um einen Grundzündzeitpunkt zu berechnen;

[0032] Fig. 6 ist ein Flußdiagramm, das eine im Programm der Fig. 2 ausgeführte Unteroutine zum Berechnen eines VTC-Korrekturwertes zeigt; und

[0033] Fig. 7 zeigt ein Beispiel einer IGVTCs-Tabelle und einer IGVTCs-Tabelle, die in der Unteroutine der Fig. 6 verwendet werden.

#### GENAUE BESCHREIBUNG DER AUSFÜHRUNGSFORM

[0034] Im folgenden wird mit Bezug auf die beigefügten Zeichnungen eine Zündzeitpunkt-Steuervorrichtung für einen Verbrennungsmotor gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beschrieben. Fig. 1 zeigt allgemein die Konfiguration einer Zündzeitpunkt-Steuervorrichtung gemäß dieser Ausführungsform und einen Verbrennungsmotor, in welchem die Zündzeitpunkt-Steuervorrichtung angewendet wird.

[0035] Der Verbrennungsmotor 3 (im folgenden mit "Motor" bezeichnet) ist ein Reihen-Vierzylinder-DOHC-Ottomotor (nur ein Zylinder ist gezeigt), der in einem nicht gezeigten Fahrzeug angeordnet ist. Eine Brennkammer 3c ist zwischen einem Kolben 3a und einem Zylinderkopf 3b jedes Zylinders ausgebildet, wobei eine Aussparung 3d in einem Zentralabschnitt der oberen Oberfläche des Kolbens 3a ausgebildet ist. Die Brennkammer 3c ist mit einem Kraftstoffeinspritzventil 4 (im folgenden bezeichnet mit "Einspritzvorrichtung") und einer Zündkerze 5 versehen. Die Einspritzvorrichtung 4 ist auf die Aussparung 3d gerichtet. Somit entspricht der Motor 3 einem Direkteinspritzstyp, der einen Kraftstoff direkt in die Brennkammer 3c einspritzt.

[0036] Die Einspritzvorrichtung 4 ist in einem Zentralabschnitt der oberen Wand der Brennkammer 3c angeordnet. Der Kraftstoff wird von einer Kraftstoffpumpe 4b durch eine Kraftstoffleitung 4a gepumpt und von einem (nicht gezeigten) Regler auf einen vorgegebenen Druck geregelt, bevor er der Einspritzvorrichtung 4 zugeführt wird. Mit der vorangehenden Konfiguration wird der Kraftstoff von der Einspritzvorrichtung 4 in Richtung zur Aussparung 3b des



Kolbens 3a eingespritzt, stößt gegen die Aussparung 3d, um einen Kraftstoffstrahlstrom zu bilden, oder diffundiert in die Brennkammer 3c. Eine Kraftstoffeinspritzperiode Tout und ein Kraftstoffeinspritzzeitpunkt (ein Einspritzstartzeitpunkt und ein Einspritzendzeitpunkt IJLOGD) der Einspritzvorrichtung 4 werden durch ein Ansteuersignal von einer elektrischen Steuereinheit 2 (ECU) gesteuert, wie später beschrieben wird.

[0037] Die Zündkerze 5 wird mit einer hohen Spannung beaufschlagt durch ein Ansteuersignal von der ECU 2 zu einem Zeitpunkt entsprechend einem Zündzeitpunkt IG, und anschließend abgeschaltet, um sich zu entladen, wodurch ein Luft-Kraftstoff-Gemisch in der Brennkammer 3c veranlaßt wird, zu verbrennen.

[0038] Eine Einlaßnockenwelle 6 und eine Auslaßnockenwelle 7 des Motors 3 sind mit mehreren Einlaßnocken 6a und Auslaßnocken 7a versehen (wobei in Fig. 1 nur jeweils eine gezeigt ist), die in Baueinheit mit dieser ausgebildet sind, um Einlaßventile 8 und Auslaßventile 9, die diesen zugeordnet sind, zu öffnen und zu schließen. Die Einlaßnockenwelle 6 und die Auslaßnockenwelle 7 sind mit einer Kurbelwelle 3e über Abtriebsritzel und Steuerketten (von denen in Fig. 1 keines gezeigt ist) verbunden, die diesen zugeordnet sind, so daß sie von der Kurbelwelle 3e angetrieben werden, um sich jeweils einmal zu drehen, wenn sich die Kurbelwelle 3e zweimal dreht. Die Einlaßnockenwelle 6 ist über eine vorgegebene Winkelstrecke drehbar mit ihrem Abtriebsritzel verbunden, so daß die Phase VTCACT des Einlaßnockens 6a (im folgenden einfach mit "Nockenphase" bezeichnet) bezüglich der Kurbelwelle 3e verändert wird durch Ändern eines relativen Winkels zum Abtriebsritzel.

[0039] Die Einlaßnockenwelle 6 ist an ihrem einen Ende mit einem Nockenphasenänderungsmechanismus (im folgenden abgekürzt mit "VTC") 10 und einem VTC-Elektromagnet-Steuerventil 10a zum Steuern der Nockenphase VTCACT verbunden. Der VTC 10 bewirkt eine kontinuierliche Vorverschiebung oder Verzögerung der Nockenphase VTCACT, um einen Öffnungs/Schließ-Zeitpunkt für das Einlaßventil 8 vorzurücken oder zu verzögern. Dies bewirkt, daß die Ventilüberlappung zwischen dem Einlaßventil 8 und dem Auslaßventil 9 ansteigt oder absinkt, was zu einer Erhöhung oder Verringerung der inneren EGR und einer Änderung der Einlaßeigenschaften, dargestellt durch die Füllungseffizienz, führt. Die Operation des VTC 10 wird gesteuert durch Steuern der Position eines (nicht gezeigten) Ventilschiebers des VTC-Elektromagnetsteuerventils 10a mittels eines Tastverhältnisses DbVTC eines Ansteuersignals von der ECU 2, um somit einen Hydraulikdruck zu ändern, der dem VTC 10 zugeführt wird. Genauer wird die Nockenphase VTCACT so gesteuert, daß sie weiter vorrückt, wenn das Tastverhältnis DbVTC größer wird. Wenn der VTC 10 gestoppt wird, wird das Tastverhältnis DbTV auf 0 gesetzt, so daß die Nockenphase VTCACT in der am weitesten verzögerten Position gehalten wird.

[0040] Ein Nockenwinkelsensor 21 (Ist-Nockenphasen-Erfassungsmittel) ist am Ende der Einlaßnockenwelle 6 gegenüberliegend dem Nockenphasenänderungsmechanismus 8 angeordnet. Der Nockenwinkelsensor 21, der z. B. einen Magnetrotor und einen MRE-Aufnehmer umfaßt, gibt ein CAM-Signal, das ein Impulssignal ist, jeweils nach einem vorgegebenen Nockenwinkel (z. B. alle 1°) an die ECU 2 aus, wenn sich die Einlaßnockenwelle 6 dreht. Die ECU 2 berechnet die Ist-Nockenphase VTCACT mit diesem CAM-Signal und einem CRK-Signal, wie später beschrieben wird.

[0041] Obwohl nicht gezeigt, umfaßt ferner jeder Einlaßnocken 6a und jeder Auslaßnocken 7a einen Niedrigdrehzahlnocken und einen Hochdrehzahlnocken, der ein höheres Nockenprofil als der Niedrigdrehzahlnocken aufweist.

Diese Niedrigdrehzahlnocken und Hochdrehzahlnocken sind sandwichartig von ihren entsprechenden Nockenprofilumschaltmechanismen (im folgenden abgekürzt mit "VTEC") 11 umgeben, um somit die Ventileinstellung des Einlaßventils 8 und des Auslaßventils 9 von einer Niedrigdrehzahlventileinstellung (im folgenden abgekürzt mit "LO.VT") auf eine Hochdrehzahlventileinstellung (im folgenden bezeichnet mit "HI.VT") und umgekehrt umzuschalten. Mit HI.VT werden das Einlaßventil 8 und das Auslaßventil 9 für eine längere Zeitspanne geöffnet, wobei die Ventilüberlappung der beiden größer wird und die Größe des Ventilhubes größer wird, wodurch die Füllungseffizienz erhöht wird. Ähnlich der VTC 10 wird auch die Operation der VTEC 11 kontrolliert durch die Steuerung des VTEC-Elektromagnetsteuerventils 11a über ein Ansteuersignal von der ECU 2, um einen dem VTEC 11 zugeführten Hydraulikdruck zu ändern.

[0042] Die Ventileinstellung für das Einlaßventil 8 und das Auslaßventil 9 wird für die Magerverbrennung unter der gleichmäßigen Verbrennung, die geschichtete Verbrennung und die Doppeleinspritzungsverbrennung auf LO.VT gesetzt, wie später beschrieben wird, und für die stöchiometrische Verbrennung und die fette Verbrennung unter der gleichmäßigen Verbrennung auf LO.VT oder HI.VT umgeschaltet.

[0043] Ein Magnetrotor 22a ist an der Kurbelwelle 3e angebracht. Der Magnetrotor 22a umfaßt einen Kurbelwinkelsensor 22 zusammen mit einem MRE-Aufnehmer 22b. Der Kurbelwinkelsensor 22 (Motordrehzahl-Erfassungsmittel) gibt ein CRK-Signal und ein TDC-Signal aus, die Impulssignale sind, wenn sich die Kurbelwelle 3e dreht.

[0044] Ein Impuls des CRK-Signals wird nach jedem vorgegebenen Kurbelwinkel (z. B. alle 30°) ausgegeben. Die ECU 2 berechnet die Motordrehzahl NE des Motors 3 (im folgenden bezeichnet als "Motordrehzahl") auf der Grundlage des CRK-Signals. Das TDC-Signal zeigt an, daß der Kolben 3a jedes Zylinders sich an einer vorgegebenen Kurbelwinkelposition nahe TDC (oberer Totpunkt) zum Beginn eines Einlaßhubes befindet. In dieser Ausführungsform, die in einem Vierzylindermotor implementiert ist, wird ein Impuls jedesmal dann ausgegeben, wenn der Kurbelwinkel über 180° vorrückt. Der Motor 3 ist ferner mit einem Zylinderunterscheidungssensor versehen, der nicht gezeigt ist und an die ECU 2 ein Zylinderunterscheidungssignal liefert, das ein Impulssignal zur Unterscheidung eines Zylinders ist. Die ECU 2 ermittelt die Kurbelwinkelposition jedes Zylinders anhand dieses Zylinderunterscheidungssignals, des CRK-Signals und des TDC-Signals.

[0045] Ein Motorwassertemperatursensor 23 (Motortemperatur-Erfassungsmittel) ist am Körper des Motors 3 angebracht. Der Motorwassertemperatursensor 23, der einen Heißleiter umfassen kann, erfaßt eine Motorwassertemperatur TW, die die Temperatur des im Körper des Motors 3 zirkulierenden Kühlwassers anzeigt, und sendet ein Signal, das die erfaßte Motorwassertemperatur TW anzeigt, zur ECU 2.

[0046] Eine Drosselklappe 13 ist in der Einlaßleitung 12 des Motors 3 angeordnet. Die Drosselklappe 13 wird von einem elektrisch angetriebenen Motor 13a angetrieben, der mit dieser verbunden ist, so daß ihre Öffnung (Drosselklappenöffnung) TH gesteuert wird. Die Drosselklappenöffnung TH wird erfaßt von einem Drosselklappenöffnungssensor 32, der zur ECU 2 ein Signal sendet, daß die erfaßte Drosselklappenöffnung TH anzeigt. Die ECU 2 steuert die Drosselklappenöffnung TH über den Elektromotor 13a entsprechend einem Betriebszustand des Motors 3, um die Einlaßluftmenge des Motors 3 zu steuern.

[0047] Ein Einlaßrohr-Absolutinnendrucksensor 24 ist an einer Stelle des Einlaßrohrs 12 hinter der Drosselklappe 13

angeordnet. Der Einlaßrohr-Absolutinnendrucksensor 24, der einen Halbleiter als Drucksensor oder dergleichen umfassen kann, erfaßt einen absoluten Einlaßrohrinnendruck PBA, der der absolute Druck innerhalb des Einlaßrohres 12 ist, und sendet zur ECU 2 ein Signal, das den erfaßten absoluten Einlaßrohrinnendruck PBA anzeigt. Ferner ist ein Einlaßlufttemperatursensor 25, der einen Heißeiter oder dergleichen umfassen kann, am Einlaßrohr 12 angebracht, um eine Einlaßlufttemperatur TA innerhalb des Einlaßrohres 12 zu erfassen und zur ECU 2 ein Signal zu senden, daß die erfaßte Einlaßlufttemperatur TA anzeigt.

[0048] Ein EGR-Rohr 15 für die EGR (Abgasrückführung) ist zwischen einer Stelle des Einlaßrohres 12 hinter der Drosselklappe 13 und einer Stelle des Auslaßrohres 14 vor dem Dreiwegekatalysator 20 angeschlossen. Ein EGR-Steuerventil 16 ist an der EGR-Leitung 15 angebracht. Das EGR-Steuerventil 16, daß ein lineares elektromagnetisches Ventil umfassen kann, weist ein Ventilhubmaß LACT auf, das durch ein Ansteuersignal von der ECU 2 linear geändert wird, um das EGR-Maß zu steuern. Das Ventilhubmaß LACT wird von einem Ventilhubmaßsensor 26 erfaßt, der an die ECU 2 ein Signal sendet, daß das erfaßte Ventilhubmaß LACT anzeigt.

[0049] Der ECU 2 wird ferner ein Signal zugeführt, daß einen erfaßten Atmosphärendruck PA von einem Atmosphärendrucksensor 28 anzeigt; ein Signal von einem Fahrzeuggeschwindigkeitssensor 29 (Fahrzeuggeschwindigkeits-Erfassungsmittel), daß eine erfaßte Fahrzeuggeschwindigkeit (V) anzeigt; ein Signal von einem Gaspedalöffnungssensor 30 (Gaspedalöffnungs-Erfassungsmittel), das eine erfaßte Gaspedalöffnung AP anzeigt, die ein Betätigungsmaß eines (nicht gezeigten) Gaspedals ist; und ein Signal von einem Getriebestufensensor 31, das eine erfaßte Getriebestufe NGAR eines (nicht gezeigten) Automatikgetriebes des Motors 3 anzeigt.

[0050] In dieser Ausführungsform umfaßt die ECU 2 ein Motordrehzahl-Erfassungsmittel, ein Soll-Drehmoment-Erfassungsmittel, ein Kraftstoffeinspritzzeitpunkt-Erfassungsmittel, ein Grundzündzeitpunkt-Ermittlungsmittel, ein Ist-Nockenphasen-Erfassungsmittel, ein Grundzündzeitpunkt-Korrekturmittel, ein Vorrückrichtung-Korrekturmittel und ein Verzögerungsrichtung-Korrekturmittel. Die ECU 2 umfaßt einen Mikrocomputer, der eine CPU 2a, einen RAM 2b, einen ROM 2c und eine (nicht gezeigte) Eingabe/Ausgabeschnittstelle enthält. Die erfaßten Signale von den oben erwähnten Sensoren 20-32 werden in der Eingabeschnittstelle A/D umgesetzt und umgeformt, bevor sie in die CPU 2a eingegeben werden. Die CPU 2a führt in Reaktion auf diese Eingangssignale verschiedene Operationsverarbeitungen auf der Grundlage eines Steuerprogramms, daß im ROM 2c gespeichert ist, einer Vielfalt von Tabellen und Kennfeldern, die später beschrieben werden, und Merkerwerten, die später beschrieben werden und vorübergehend im RAM 2b gespeichert sind, und dergleichen aus.

[0051] Genauer ermittelt die CPU 2a einen Betriebszustand des Motors 3 anhand der vielen erfaßten Signale und ermittelt ferner ein Soll-Drehmoment PMCMD, das vom Motor 3 ausgegeben wird, auf der Grundlage der Motordrehzahl NE und der Gaspedalöffnung AP. Ferner setzt die CPU 2a den Verbrennungsmodus des Motors 3 auf den geschichteten Verbrennungsmodus während eines Betriebes mit sehr geringer Last, wie z. B. dem Leerlauf, und auf den gleichmäßigen Verbrennungsmodus während eines anderen Betriebes außer dem Betrieb mit sehr geringer Last, und führt einen Doppeleinspritzungsverbrennungsmodus bei einem Übergang zwischen den zwei Verbrennungsmodi aus. Außerdem berechnet die CPU 2a eine optimale Kraftstoffeinspritzperiode Tout für jeden ermittelten Verbrennungs-

modus, ermittelt einen Einspritzendzeitpunkt IJLOGD der Kraftstoffeinspritzperiode, und steuert den Zündzeitpunkt IG auf der Grundlage des Wertes Tout und der Motordrehzahl NE.

[0052] Im geschichteten Verbrennungsmodus der zwei Verbrennungsmodi wird die Drosselklappe 13 so gesteuert, daß sie in einem im wesentlichen vollständig geöffneten Zustand verharrt, während ein Kraftstoff von der Einspritzvorrichtung 4 in die Brennkammer 3c während eines Kompressionshubes eingespritzt wird, wobei ein Großteil des eingespritzten Kraftstoffes gegen die Aussparung 3d stößt, um einen Kraftstoffstrahlstrom zu bilden. Ein Luft/Kraftstoff-Gemisch wird aus diesem Kraftstoffstrahlstrom und einer Einlaßluftströmung vom Einlaßrohr 12 erzeugt. Wenn der Kolben 3a nahe dem oberen Totpunkt im Kompressionshub positioniert ist, wird der Kraftstoff in einem sehr viel magereen Luft/Kraftstoff-Verhältnis A/F (z. B. in einem Bereich von 27 bis 60) als dem stöchiometrischen Luft/Kraftstoff-Verhältnis verbrannt, während das Luft/Kraftstoff-Gemisch hauptsächlich in der Nähe der Zündkerze 15 verteilt ist.

[0053] Im gleichmäßigen Verbrennungsmodus wird andererseits die Drosselklappenöffnung TH auf eine Öffnung entsprechend dem Soll-Drehmoment PMCMD, der Motordrehzahl NE usw. gesteuert, wobei der Kraftstoff während eines Einlaßhubes in die Brennkammer 3c eingespritzt wird. Dies bewirkt, daß die Verbrennung in einem fetteren Luft/Kraftstoff-Verhältnis A/F (z. B. in einem Bereich von 12 bis 22) durchgeführt wird als beim geschichteten Verbrennungsmodus, wobei ein Luft/Kraftstoff-Gemisch aus einem Kraftstoffstrahlstrom und einem Luftstrom erzeugt und gleichmäßig in der Brennkammer 3c verteilt wird.

[0054] Ferner wird im Doppeleinspritzungsverbrennungsmodus der Kraftstoff in einem Einlaßhub und in einem Kompressionshub eines Verbrennungszyklus eingespritzt, um eine Verbrennung in einem Zustand eines Übergangs-Luft/Kraftstoff-Verhältnisses A/F (z. B. im Bereich von 14,7 bis 30) durchzuführen.

[0055] Die Fig. 2 bis 5 sind Flußdiagramme, die ein Programm zeigen, das von der ECU 2 ausgeführt wird, um den Grundzündzeitpunkt IGMAP für den Zündzeitpunkt IG synchron mit der Erzeugung eines TDC-Signals zu berechnen. Der Grundzündzeitpunkt IGMAP ist ein Grundwert des Zündzeitpunkts IG, wobei der Zündzeitpunkt IG, obwohl Einzelheiten hier weggelassen werden, schließlich ermittelt wird durch Korrigieren des berechneten Grundzündzeitpunktes IGMAP mit einer Vielfalt von Korrekturausdrücken unter Verwendung der Motorwassertemperatur TW usw. als Parameter.

[0056] Zuerst ermittelt die ECU 2 im dargestellten Programm in einem Schritt 11 (in der Figur bezeichnet mit "S11"; diese Abkürzung wird in ähnlicher Weise für die folgenden Schritte verwendet), ob ein Doppeleinspritzungs-Verbrennungsmodusmerker F\_CM0D gleich "1" ist. Wenn die Antwort gleich ja ist, d. h. wenn der Motor 3 sich im Doppeleinspritzungsmodus befindet, durchsucht die ECU 2 ein (nicht gezeigtes) IGM\_DB-Kennfeld für den Doppeleinspritzungsverbrennungsmodus, um einen Grundkennfeldwert IGMAPm entsprechend der Motordrehzahl NE und dem Einspritzendzeitpunkt IJLOGD zu finden (Schritt 12). Anschließend setzt die ECU 2 diesen Grundkennfeldwert IGMAPm als den Grundzündzeitpunkt IGMAP (Schritt 13), woraufhin dieses Programm endet.

[0057] Wenn die Antwort im Schritt 11 gleich nein ist, ermittelt die ECU 2 den Wert des Verbrennungsmodusmonitors S\_EM0D (Schritt 14). Der Verbrennungsmodusmonitor S\_EM0D wird auf "0" gesetzt, wenn der Motor 3 sich in einem stöchiometrischen Verbrennungsmodus unter anderen gleichmäßigen Verbrennungsmodi befindet; auf "1" ge-

setzt, wenn er sich in einem Magerverbrennungsmodus unter anderen gleichmäßigen Verbrennungsmodi befindet; und auf "2" gesetzt, wenn er sich in einem geschichteten Verbrennungsmodus befindet. Wenn das Ergebnis der Ermittlung im Schritt 14 gleich  $S\_EMOD = 0$  ergibt, d. h. den stöchiometrischen Verbrennungsmodus, ermittelt die ECU 2, ob ein VTEC-Merker  $F\_VTEC$  gleich "1" ist (Schritt 15). Wenn die Antwort gleich ja ist, ermittelt die ECU 2 weiter, ob ein EGR-Merker  $F\_EGR$  gleich "1" ist (Schritt 16). Wenn die Antwort im Schritt 16 gleich nein ist, d. h. wenn die Ventileinstellung auf HI.VT gesetzt ist und die EGR gestoppt ist, durchsucht die ECU 2 ein (nicht gezeigtes) IGM\_STH-Kennfeld für HI.VT/EGR-Stopp, um dem Grundkennfeldwert IGMAPm entsprechend der Motordrehzahl NE und einem Soll-Drehmoment PMCMD zu finden (Schritt 17), woraufhin das Programm zum später beschriebenen Schritt 31 vorrückt.

[0058] Wenn die Antwort im Schritt 16 gleich ja ist, durchsucht die ECU 2 ein (nicht gezeigtes) IGM\_SOH-Kennfeld für die HI.VT/EGR-Ausführung, welches separat vom IGM\_STH-Kennfeld vorgesehen ist, um den Grundkennfeldwert IGMAPm entsprechend dem NE-Wert und dem PMCMD-Wert zu finden (Schritt 18), woraufhin das Programm zum später beschriebenen Schritt 31 vorrückt.

[0059] Wenn andererseits die Antwort im Schritt 15 gleich nein ist, d. h. wenn die Ventileinstellung auf LO.VT gesetzt ist, ermittelt die ECU 2, ob ein Leerlaufmerker  $F\_IDLE$  gleich "1" ist (Schritt 19). Wenn die Antwort im Schritt 19 gleich ja ist, d. h. wenn der Motor im Leerlauf läuft, durchsucht die ECU 2 eine (nicht gezeigte) IGDLT-Tabelle für den Leerlaufbetrieb, um einen Tabellenwert IGDLTn entsprechend einer Soll-Leerlaufdrehzahl NOBJ zu finden (Schritt 20), und setzt diesen Tabellenwert IGDLTn als einen Grundkennfeldwert IGMAPm ein (Schritt 21).

[0060] Wenn die Antwort im Schritt 19 gleich nein ist, d. h. wenn der Motor 3 nicht im Leerlauf läuft, ermittelt die ECU 2, ob der EGR-Merker  $F\_EGR$  gleich "1" ist (Schritt 22). Wenn die Antwort im Schritt 22 gleich ja ist, durchsucht die ECU 2 das im Schritt 17 verwendete IGM\_STH-Kennfeld, um den Grundkennfeldwert IGMAPm für LO.VT/EGR-Ausführung entsprechend der Motordrehzahl NE und dem Soll-Drehmoment PMCMD zu finden (Schritt 23). Wenn andererseits die Antwort im Schritt 22 gleich nein ist, durchsucht die ECU 2 ein (nicht gezeigtes) IGM\_SOL-Kennfeld für LO.VT/EGR-Stopp, welches separat vom IGM\_STH-Kennfeld und vom IGM\_SOH-Kennfeld vorgesehen ist, um den Grundkennfeldwert IGMAPm entsprechend dem NE-Wert und dem PMCMD-Wert zu finden (Schritt 24).

[0061] Wenn andererseits das Ergebnis der Ermittlung im Schritt 14 zeigt, daß der Verbrennungsmonitor  $S\_EMOD = 1$  ist, d. h. wenn sich der Motor 3 im Magerverbrennungsmodus unter anderen gleichmäßigen Verbrennungsmodi befindet, rückt das Programm zum Schritt 25 in Fig. 2 vor, wo die ECU 2 ermittelt, ob der EGR-Merker  $F\_EGR$  gleich "1" ist. Wenn die Antwort im Schritt 25 gleich ja ist, durchsucht die ECU 2 ein (nicht gezeigtes) IGM\_LT-Kennfeld für Magerverbrennung/EGR-Ausführung, um den Grundkennfeldwert IGMAPm entsprechend der Motordrehzahl NE und dem Soll-Drehmoment PMCMD zu finden (Schritt 26). Wenn sich andererseits nein ergibt, durchsucht die ECU 2 ein (nicht gezeigtes) IGM\_LO-Kennfeld für Magerverbrennung/EGR-Stopp, welches separat vom IGM\_LT-Kennfeld vorgesehen ist, um den Grundkennfeldwert IGMAPm entsprechend dem NE-Wert und dem PMCMD-Wert zu finden (Schritt 27).

[0062] Wenn ferner das Ergebnis der Ermittlung im Schritt 14 zeigt, daß der Verbrennungsmodusmonitor

$S\_EMOD = 2$  ist, d. h. wenn sich der Motor im geschichteten Verbrennungsmodus befindet, rückt das Programm zu Schritt 28 in Fig. 4 vor, wo die ECU 2 ermittelt, ob der EGR-Merker  $F\_EGR$  gleich "1" ist. Wenn die Antwort im Schritt 28 gleich ja ist, durchsucht die ECU 2 ein (nicht gezeigtes) IGM\_ULT-Kennfeld für Geschichtete-Verbrennung/EGR-Ausführung, um den Grundkennfeldwert IGMAPm entsprechend der Motordrehzahl NE und dem Einspritzendzeitpunkt IJLOGD zu finden (Schritt 29). Wenn sich andererseits nein ergibt, durchsucht die ECU 2 ein (nicht gezeigtes) IGM\_ULO-Kennfeld für Geschichtete-Verbrennung/EGR-Stopp, welches separat vom IGM\_ULT-Kennfeld vorgesehen ist, um den Grundkennfeldwert IGMAPm gemäß dem NE-Wert und dem IJLOGD-Wert zu finden (Schritt 30).

[0063] In der vorangehenden Weise wird der Grundkennfeldwert IGMAPm mit der Motordrehzahl NE und dem Soll-Drehmoment PMCMD als Parameter gesetzt, wenn sich der Motor 3 in irgendeinem der gleichmäßigen Verbrennungsmodi (stöchiometrischer Verbrennungsmodus und Magerverbrennungsmodus) befindet, mit Ausnahme dann, wenn der Motor 3 im Leerlauf läuft, und wird im geschichteten Verbrennungsmodus mit der Motordrehzahl NE und dem Einspritzendzeitpunkt IJLOGD als Parameter gesetzt. [0064] Nach dem Setzen des Grundkennfeldwertes IGMAPm in der obenbeschriebenen Weise berechnet die ECU 2 einen EGR-Korrekturwert IGKEGR im Schritt 31. Obwohl eine genaue Beschreibung weggelassen wird, ist der EGR-Korrekturwert IGKEGR vorgesehen zum Kompensieren einer Änderung der Einlaßluftmenge aufgrund einer Änderung der EGR-Größe.

[0065] Anschließend ermittelt die ECU 2, ob eine Nockenphasenabweichung DVTC, die die Differenz zwischen der erfaßten Ist-Nockenphase VTCACT (im folgenden bezeichnet mit "Ist-Nockenphase") und der Soll-Nockenphase VTCCMD ist ( $DVTC = VTCACT - VTCCMD$ ), größer ist als ihr vorgegebener oberer Grenzwert DVTCLMTH (positiver Wert) bzw. kleiner ist als ihr unterer Grenzwert DVTCLMTL (negativer Wert) (Schritte 32, 33). Wenn eine der Antworten in den Schritten 32, 33 gleich ja ist, d. h. wenn  $DVTC > DVTCLMTH$  oder  $DVTC < DVTCLMTL$  gilt, was zeigt, daß eine große Differenz zwischen der Ist-Nockenphase VTCACT und der Soll-Nockenphase VTCCMD vorhanden ist, rückt das Programm zum Schritt 34 vor, wo die ECU 2 einen VTC-Korrekturwert IGVTC in einer später beschriebenen Weise berechnet. Als nächstes addiert die ECU 2 den EGR-Korrekturwert IGKEGR und den VTC-Korrekturwert, die jeweils in den Schritten 31, 34 berechnet worden sind, zum Grundkennfeldwert IGMAPm, der wie oben beschrieben gefunden worden ist, um den Grundzündzeitpunkt IGMAP zu berechnen (Schritt 35), woraufhin dieses Programm endet.

[0066] Wenn andererseits die Antworten in beiden Schritten 32 und 33 gleich nein sind, d. h. wenn  $DVTCLMTL \leq DVTC \leq DVTCLMTH$  gilt, was anzeigt, daß die Nockenphasenabweichung DVTC innerhalb eines vorgegebenen Bereiches liegt, setzt die ECU 2 den VTC-Korrekturwert IGVTC auf 0 (Schritt 36) und führt anschließend den oben erwähnten Schritt 35 aus, woraufhin dieses Programm endet. Mit anderen Worten, wenn eine kleine Differenz zwischen der Ist-Nockenphase VTCACT und der Soll-Nockenphase VTCCMD vorhanden ist, wird keine Korrektur entsprechend der Nockenphasenabweichung DVTC vorgenommen.

[0067] Fig. 6 zeigt eine Unteroutine zur Berechnung des VTC-Korrekturwerts IGVTC, die im Schritt 34 in Fig. 5 ausgeführt wird. In dieser Unteroutine ermittelt die ECU 2 zuerst im Schritt 41, ob der Verbrennungsmodusmonitor  $S\_EMOD$  gleich "2" ist. Wenn die Antwort im Schritt 41

gleich nein ist, d. h. wenn der Motor 3 sich in irgendeinem der gleichmäßigen Verbrennungsmodi befindet (stöchiometrischer Verbrennungsmodus oder Magerverbrennungsmodus), setzt die ECU 2 die Soll-Nockenphase VTCCMD als einen Such-Nockenphasenwert VTCMP (Schritt 42) und durchsucht eine IGVTCs-Tabelle für den gleichmäßigen Verbrennungsmodus, um den VTC-Korrekturwert IGVTC entsprechend dem Such-Nockenphasenwert VTCMP zu finden (Schritt 43).

[0068] Fig. 7 zeigt ein Beispiel der IGVTC-Tabelle für die gleichmäßigen Verbrennungsmodi, in der der VTC-Korrekturwert IGVTC auf einen größeren Wert gesetzt wird, wenn der Such-Nockenphasenwert VTCMP größer wird. Dies liegt daran, daß eine größere Nockenphase einen größeren Einfluß auf den Zündzeitpunkt IG ausübt, so daß ein größerer Wert verwendet wird, um diesen Einfluß zu kompensieren. Anschließend setzt die ECU 2 den gefundenen VTC-Korrekturwert IGVTC als einen Soll-Nockenphasenkorrekturausdruck IGVTCc, der der Soll-Nockenphase VTCCMD entspricht (Schritt 44).

[0069] Anschließend setzt die ECU 2 die Ist-Nockenphase VTCACT als den Such-Nockenphasenwert VTCMP (Schritt 45) und durchsucht die IGVTCs-Tabelle, um den VTC-Korrekturwert IGVTC entsprechend dem Such-Nockenphasenwert VTCMP zu finden, ähnlich dem obenerwähnten Schritt 43 (Schritt 46). Anschließend setzt die ECU 2 den gefundenen VTC-Korrekturwert IGVTC als einen Ist-Nockenphasenkorrekturausdruck IGVTCn entsprechend der Ist-Nockenphase VTCACT (Schritt 47). Schließlich subtrahiert die ECU 2 den Soll-Nockenphasenkorrekturausdruck IGVTCc, der im Schritt 44 gesetzt worden ist, vom Ist-Nockenphasenkorrekturausdruck IGVTCn ( $IGVTCn - IGVTCc$ ), um den VTC-Korrekturwert IGVTC abzuleiten (Schritt 48), woraufhin diese Unteroutine endet.

[0070] In der vorangehenden Weise wird der VTC-Korrekturwert als eine Differenz zwischen dem Ist-Nockenphasenkorrekturausdruck IGVTCn entsprechend der Ist-Nockenphase VTCACT und dem Soll-Nockenphasenkorrekturausdruck IGVTCc entsprechend der Soll-Nockenphase VTCCMD gesetzt. Wie oben beschrieben worden ist, wird ferner der VTC-Korrekturwert IGVTC als ein Additionsausdruck verwendet, um den Grundzündzeitpunkt IGMAP im Schritt 35 zu berechnen. Der Grundzündzeitpunkt IGMAP wird daher in Vorrückrichtung korrigiert, wenn die Ist-Nockenphase VTCACT größer ist als die Soll-Nockenphase VTCCMD (auf der Vorrückseite), und in Verzögerungsrichtung korrigiert, wenn er kleiner ist (auf der Verzögerungsseite). Die Größe der Korrektur hängt von der Differenz zwischen der Ist-Nockenphase VTCACT und der Soll-Nockenphase VTCGMD ab (Nockenphasenabweichung DVTC).

[0071] Wenn andererseits die Antwort im Schritt 41 gleich ja ist, d. h. wenn der Motor 3 sich im geschichteten Verbrennungsmodus befindet, berechnet die ECU 2 den VTC-Korrekturwert IGVTC unter Verwendung der IGVTCUL-Tabelle für den geschichteten Verbrennungsmodus, welche separat von der IGVTCs-Tabelle vorgesehen ist, im Schritt 49 und den folgenden in ähnlicher Weise wie in den obenerwähnten Schritten 42–48. Genauer setzt die ECU 2 zuerst die Soll-Nockenphase VTCCMD als den Such-Nockenphasenwert VTCMP (Schritt 49) und durchsucht die IGVTCUL-Tabelle für den geschichteten Verbrennungsmodus, um den VTC-Korrekturwert IGVTC entsprechend dem Such-Nockenphasenwert VTCMP zu finden (Schritt 50), und setzt den gefundenen VTC-Korrekturwert IGVTC als den Soll-Nockenphasenkorrekturausdruck IGVTCc (Schritt 51).

[0072] Fig. 7 zeigt außerdem ein Beispiel der IGVTCUL-

Tabelle für den geschichteten Verbrennungsmodus, in der der VTC-Korrekturwert IGVTC auf einen größeren Wert gesetzt wird, wenn der Such-Nockenphasenwert VTCMP größer wird, wie im Fall des gleichmäßigen Verbrennungsmodus, und auf einen kleineren Wert gesetzt wird als im gleichmäßigen Verbrennungsmodus. Dies liegt daran, daß wie oben beschrieben der Zündzeitpunkt IG durch eine Änderung der inneren EGR-Größe und ein effektives Kompressionsverhältnis, die einer Änderung der Nockenphase VTCACT zugeordnet sind, im gleichmäßigen Verbrennungsmodus stark beeinflusst wird, während der Zündzeitpunkt IG im geschichteten Verbrennungsmodus weniger durch die Nockenphase VTCACT, sondern stärker durch einen Kraftstoffeinspritzzeitpunkt beeinflusst wird, so daß der Grundzündzeitpunkt IGMAP unter Verwendung einer Korrekturgröße korrigiert wird, die an die Eigenschaften der entsprechenden Modi angepaßt ist.

[0073] Anschließend setzt die ECU 2 die Ist-Nockenphase VTCACT als den Such-Nockenphasenwert VTCMP (Schritt 52) und durchsucht die IGVTCUL-Tabelle, um den VTC-Korrekturwert IGVTC entsprechend dem Such-Nockenphasenwert VTCMP zu finden (Schritt 53). Anschließend rückt die Unteroutine zu den obenerwähnten Schritten 47 und 48 vor, wo die ECU 2 den VTC-Korrekturwert IGVTC als den Ist-Nockenphasenkorrekturausdruck IGVTCn setzt, und berechnet die Differenz zwischen dem Ist-Nockenphasenkorrekturausdruck IGVTCn und dem Soll-Nockenphasenkorrekturausdruck IGVTCc, im Schritt 51 als VTC-Korrekturwert gesetzt, wie im Fall des gleichmäßigen Verbrennungsmodus, woraufhin diese Unteroutine endet.

[0074] In der vorangehenden Weise wird gemäß dieser Ausführungsform der Grundkennfeldwert IGMAPm für den Grundzündzeitpunkt IGMAP im gleichmäßigen Verbrennungsmodus auf der Grundlage der Motordrehzahl NE und des Soll-Drehmoments PMCMD ermittelt, und im geschichteten Verbrennungsmodus auf der Grundlage der Motordrehzahl NE und des Einspritzzeitpunkts IJLOGD ermittelt, so daß der Grundkennfeldwert IGMAPm in den entsprechenden Verbrennungsmodi stabil und geeignet gesetzt werden kann, ohne durch eine Änderung der Einlaßeigenschaften, die einer Änderung der Nockenphase VTCACT zugeordnet ist, signifikant beeinflusst zu werden. Da ferner der so ermittelte Grundkennfeldwert IGMAPm entsprechend der Nockenphasenabweichung DVTC zwischen der Ist-Nockenphase VTCACT und der Soll-Nockenphase VTCCMD korrigiert wird, kann der Zündzeitpunkt IG so gesetzt werden, daß er schnell gegen einen optimalen Wert konvergiert, entsprechend den aktuellen Einlaßeigenschaften, die einer Änderung der Nockenphase VTCACT zugeordnet sind.

[0075] Wenn ferner die Nockenphasenabweichung DVTC größer ist als der vorgegebene obere Grenzwert DVTCLMTH, oder kleiner ist als der vorgegebene untere Grenzwert DVTCLMTL, wird der Grundkennfeldwert IGMAPm in einer Richtung korrigiert, die einer Richtung entspricht, in der die Ist-Nockenphase VTCACT von der Soll-Nockenphase VTCCMD abweicht, so daß der Zündzeitpunkt IG entsprechend der Richtung und dem Grad einer wirklichen Abweichung der Nockenphase VTCACT geeigneter gesetzt werden kann. Wenn außerdem die Ist-Nockenphase VTCACT eine kleine Abweichungsgröße aufweist, so daß die Nockenphasenabweichung DVTC innerhalb des Bereiches zwischen den vorgegebenen oberen und unteren Grenzwerten DVTCLMTH, DVTCLMTL liegt, wird keine Korrektur entsprechend der Nockenphasenabweichung DVTC vorgenommen, so daß die Stabilität des Zündzeitpunkts IG aufrechterhalten werden kann.

[0076] Ferner wird der Grundkennfeldwert IGMAPm mit einem Korrekturwert korrigiert, der aus der IGVTCSTabelle im gleichmäßigen Verbrennungsmodus gewonnen wird, während der Grundkennfeldwert IGMAPm mit einem kleineren Korrekturwert korrigiert wird, der aus der anderen IGVTCSTabelle gewonnen wird, wodurch es möglich wird, den Zündzeitpunkt IG entsprechend der Größe des von der Nockenphase VTCACT auf den Zündzeitpunkt IG ausgeübten Einflusses sowohl im gleichmäßigen Verbrennungsmodus als auch im geschichteten Verbrennungsmodus geeignet zu setzen.

[0077] Wie oben beschrieben worden ist, kann die Zündzeitpunkt-Steuervorrichtung für einen Verbrennungsmotor gemäß der vorliegenden Erfindung den Zündzeitpunkt so einstellen, daß er schnell gegen einen geeigneten Wert konvergiert, entsprechend einer Änderung der Einlaßeigenschaften, die einer Änderung der Nockenphase zugeordnet ist, sowohl im gleichmäßigen Verbrennungsmodus als auch im geschichteten Verbrennungsmodus in einem Direkteinspritzungstyp-Verbrennungsmotor mit einem Nockenphasenänderungsmechanismus. Die Zündzeitpunkt-Steuervorrichtung umfaßt eine Soll-Drehmoment-Ermittlungseinheit zum Ermitteln eines Soll-Drehmoments, das vom Verbrennungsmotor abgegeben wird, auf der Grundlage einer Motordrehzahl und einer Gaspedalöffnung; eine Kraftstoffeinspritzzeitpunkt-Ermittlungseinheit zum Ermitteln eines Zeitpunkts, zu dem ein Kraftstoff in einen Zylinder eingespritzt wird; eine Grundzündzeitpunkt-Ermittlungseinheit zum Ermitteln eines Grundzündzeitpunkts auf der Grundlage der Motordrehzahl und des Soll-Drehmoments im gleichmäßigen Verbrennungsmodus und auf der Grundlage der Motordrehzahl und des Kraftstoffeinspritzzeitpunkts im geschichteten Verbrennungsmodus; sowie eine Grundzündzeitpunkt-Korrekturereinheit zum Korrigieren des Grundzündzeitpunkts entsprechend einer Nockenphasenabweichung zwischen einer Ist-Nockenphase und einer Soll-Nockenphase.

#### Patentansprüche

1. Zündzeitpunkt-Steuervorrichtung für einen Verbrennungsmotor (3), mit einem Nockenphasenänderungsmechanismus (10) zum Ändern einer Nockenphase bezüglich einer Kurbelwelle (3e) wenigstens für einen Einlaßnocken (8) zum Öffnen/Schließen eines Einlaßventils (6a) und/oder einen Auslaßnocken (9) zum Öffnen/Schließen eines Auslaßventils (7a) ausgestattet ist, so daß die Nockenphase eine Soll-Nockenphase erreicht, so daß der Motor (3) in einem Verbrennungsmodus betrieben wird, der umgeschaltet wird zwischen einem gleichmäßigen Verbrennungsmodus, in welchem ein Kraftstoff während eines Einlaßhubes in einen Zylinder eingespritzt wird, und einem geschichteten Verbrennungsmodus, in welchem ein Kraftstoff während eines Kompressionshubes in einem Zylinder eingespritzt wird, wobei die Zündzeitpunkt-Steuervorrichtung umfaßt:
  - ein Motordrehzahl-Erfassungsmittel (22) zum Erfassen einer Drehzahl des Verbrennungsmotors (3);
  - ein Gaspedalöffnungs-Erfassungsmittel (30) zum Erfassen einer Öffnung eines Gaspedals;
  - ein Soll-Drehmoment-Ermittlungsmittel zum Ermitteln eines Soll-Drehmoments, das vom Verbrennungsmotor (3) abgegeben wird, auf der Grundlage der erfaßten Motordrehzahl und der Gaspedalöffnung;
  - ein Kraftstoffeinspritzzeitpunkt-Ermittlungsmittel zum Ermitteln eines Zeitpunkts, zu dem ein Kraftstoff in den Zylinder eingespritzt wird;

ein Grundzündzeitpunkt-Ermittlungsmittel zum Ermitteln eines Grundzündzeitpunkts auf der Grundlage der Motordrehzahl und des ermittelten Soll-Drehmoments, wenn der Motor (3) sich im gleichmäßigen Verbrennungsmodus befindet, und zum Ermitteln des Grundzündzeitpunkts auf der Grundlage der Motordrehzahl und des ermittelten Kraftstoffeinspritzzeitpunkts, wenn der Motor (3) sich im geschichteten Verbrennungsmodus befindet;

ein Ist-Nockenphasen-Erfassungsmittel (21) zum Erfassen einer Ist-Nockenphase; und

ein Zündzeitpunkt-Korrekturmittel zum Korrigieren des Grundzündzeitpunkts entsprechend einer Nockenphasenabweichung, die die Differenz zwischen der erfaßten Ist-Nockenphase und der Soll-Nockenphase ist.

2. Zündzeitpunkt-Steuervorrichtung für einen Verbrennungsmotor (3) nach Anspruch 1, in der das Grundzündzeitpunkt-Korrekturmittel ein Vorrückrichtung-Korrekturmittel zum Korrigieren des Grundzündzeitpunkts in einer Vorrückrichtung umfaßt, wenn die Nockenphasenabweichung größer ist als ein vorgegebener oberer Grenzwert.

3. Zündzeitpunkt-Steuervorrichtung für einen Verbrennungsmotor (3) nach Anspruch 1, in der das Grundzündzeitpunkt-Korrekturmittel ein Verzögerungsrichtung-Korrekturmittel zum Korrigieren des Grundzündzeitpunkts in einer Verzögerungsrichtung umfaßt, wenn die Nockenphasenabweichung kleiner ist als ein vorgegebener unterer Grenzwert.

4. Zündzeitpunkt-Steuervorrichtung für einen Verbrennungsmotor (3) nach Anspruch 2, in der das Grundzündzeitpunkt-Korrekturmittel ein Verzögerungsrichtung-Korrekturmittel zum Korrigieren des Grundzündzeitpunkts in einer Verzögerungsrichtung umfaßt, wenn die Nockenphasenabweichung kleiner ist als ein vorgegebener unterer Grenzwert.

5. Zündzeitpunkt-Steuervorrichtung für einen Verbrennungsmotor (3) nach Anspruch 1, in der das Grundzündzeitpunkt-Korrekturmittel den Grundzündzeitpunkt mit jeweils unterschiedlichen Korrekturgrößen korrigiert, wenn sich der Motor (3) im gleichmäßigen Verbrennungsmodus befindet, und wenn sich der Motor (3) im geschichteten Verbrennungsmodus befindet.

6. Zündzeitpunkt-Steuervorrichtung für einen Verbrennungsmotor (3) nach irgendeinem der Ansprüche 1 bis 5, wobei der Motor (3) ein Kraftstoffeinspritzventil (4) zum Einspritzen eines Kraftstoffes enthält, das in einem Zentralabschnitt einer oberen Wand (3b) einer Brennkammer (3c) des Zylinders angeordnet ist, um den Kraftstoff in Richtung einer in einem Kolben (3a) ausgebildeten Aussparung (3d) einzuspritzen.

7. Zündzeitpunkt-Steuerverfahren für einen Verbrennungsmotor (3), der mit einem Nockenphasenänderungsmechanismus (10) zum Ändern einer Nockenphase bezüglich einer Kurbelwelle (3e) wenigstens für einen Einlaßnocken (8) zum Öffnen/Schließen eines Einlaßventils (6a) und/oder einen Auslaßnocken (9) zum Öffnen/Schließen eines Auslaßventils (7a) ausgestattet ist, so daß die Nockenphase eine Soll-Nockenphase erreicht, so daß der Motor (3) in einem Verbrennungsmodus betrieben wird, der umgeschaltet wird zwischen einem gleichmäßigen Verbrennungsmodus, in welchem ein Kraftstoff während eines Einlaßhubes in einen Zylinder eingespritzt wird, und einem geschichteten Verbrennungsmodus, in welchem ein Kraftstoff während eines Kompressionshubes in einem Zylinder eingespritzt wird, wobei das Verfahren die

Schritte umfaßt:

Erfassen einer Drehzahl des Verbrennungsmotors (3);  
 Erfassen einer Öffnung eines Gaspedals;  
 Ermitteln eines Soll-Drehmoments, das vom Verbrennungsmotor (3) abgegeben wird, auf der Grundlage der 5  
 erfaßten Motordrehzahl und der Gaspedalöffnung;  
 Ermitteln eines Zeitpunkts, zu dem ein Kraftstoff in  
 den Zylinder eingespritzt wird;  
 Ermitteln eines Grundzündzeitpunkts auf der Grund- 10  
 lage der Motordrehzahl und des erfaßten Soll-Drehmo-  
 ments, wenn sich der Motor (3) im gleichmäßigen Ver-  
 brennungsmodus befindet, und Ermitteln des Grund-  
 zündzeitpunkts auf der Grundlage der Motordrehzahl  
 und des ermittelten Kraftstoffeinspritzzeitpunkts, wenn 15  
 sich der Motor (3) im geschichteten Verbrennungs-  
 modus befindet;  
 Erfassen einer Ist-Nockenphase; und  
 Korrigieren des Grundzündzeitpunkts entsprechend ei-  
 ner Nockenphasenabweichung, die eine Differenz zwi- 20  
 schen der erfaßten Ist-Nockenphase und einer Soll-  
 Nockenphase ist.

8. Zündzeitpunkt-Steuerverfahren für einen Verbrennungsmotor (3) nach Anspruch 7, bei dem der Schritt des Korrigierens des Grundzündzeitpunkts das Korrigieren des Grundzündzeitpunkts in einer Vorrückrichtung 25  
 umfaßt, wenn die Nockenphasenabweichung grö-  
 ßer ist als ein vorgegebener oberer Grenzwert.

9. Zündzeitpunkt-Steuerverfahren für einen Verbrennungsmotor (3) nach Anspruch 7, bei dem der Schritt des Korrigierens des Grundzündzeitpunkts das Korrigieren des Grundzündzeitpunkts in einer Verzögerungsrichtung 30  
 umfaßt, wenn die Nockenphasenabweichung kleiner ist als ein vorgegebener unterer Grenzwert.

10. Zündzeitpunkt-Steuerverfahren für einen Verbrennungsmotor (3) nach Anspruch 8, bei dem der Schritt des Korrigierens des Grundzündzeitpunkts das Korrigieren des Grundzündzeitpunkts in einer Verzögerungsrichtung 35  
 umfaßt, wenn die Nockenphasenabweichung kleiner ist als ein vorgegebener unterer Grenzwert.

11. Zündzeitpunkt-Steuerverfahren für einen Verbrennungsmotor (3) nach Anspruch 7, bei dem der Schritt des Korrigierens des Grundzündzeitpunkts das Korrigieren des Grundzündzeitpunkts mit jeweils unter- 45  
 schiedlichen Korrekturgrößen umfaßt, wenn sich der Motor (3) im gleichmäßigen Verbrennungsmodus befindet, und wenn sich der Motor (3) im geschichteten Verbrennungsmodus befindet.

12. Zündzeitpunkt-Steuerverfahren für einen Verbrennungsmotor (3) nach irgendeinem der Ansprüche 7 bis 11, bei dem der Motor (3) ein Kraftstoffeinspritzventil 50  
 (4) zum Einspritzen des Kraftstoffes enthält, das in einem Zentralabschnitt einer oberen Wand (3b) einer Brennkammer (3c) des Zylinders angeordnet ist, um 55  
 den Kraftstoff in Richtung einer in einem Kolben (3a) ausgebildeten Aussparung (3d) einzuspritzen.

---

Hierzu 6 Seite(n) Zeichnungen

---

60

65

FIG. 1

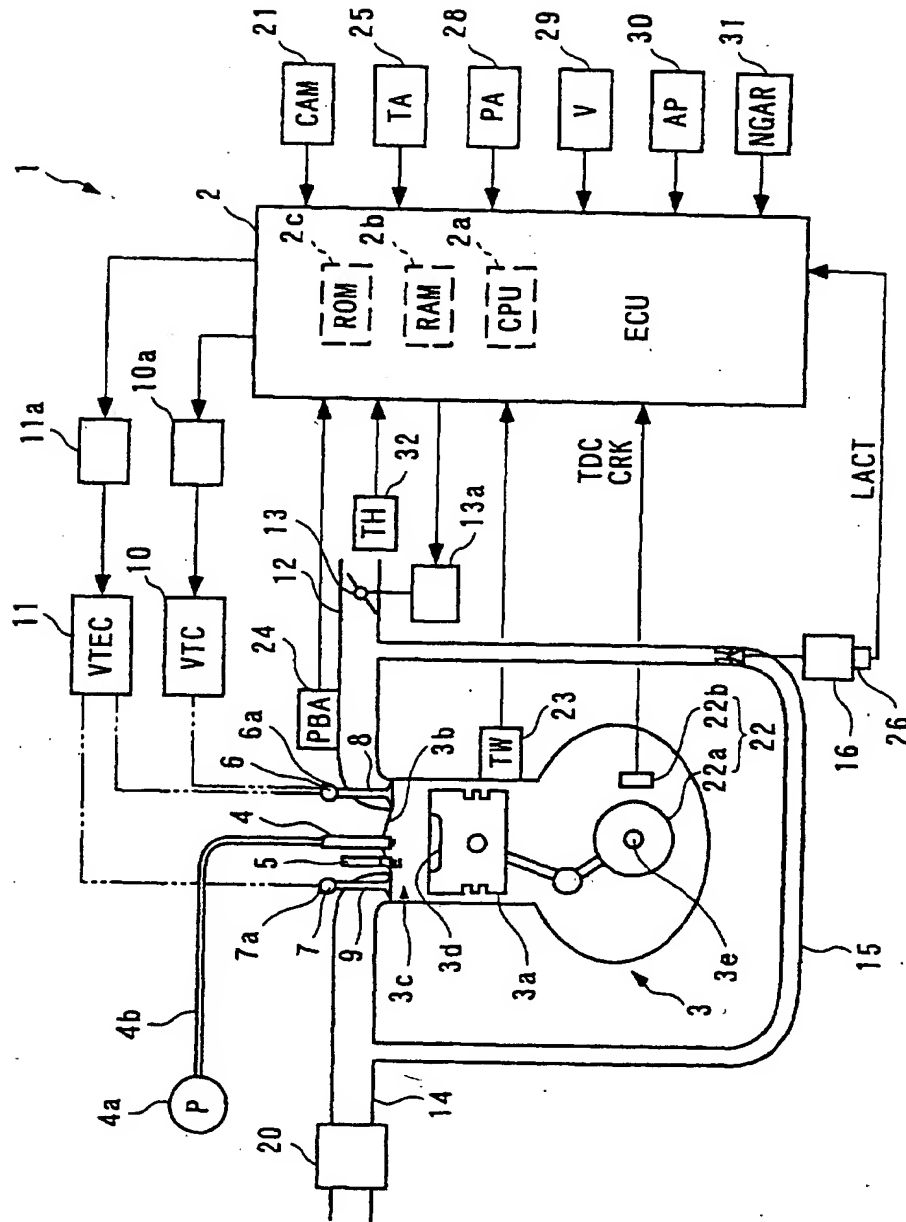




FIG. 2

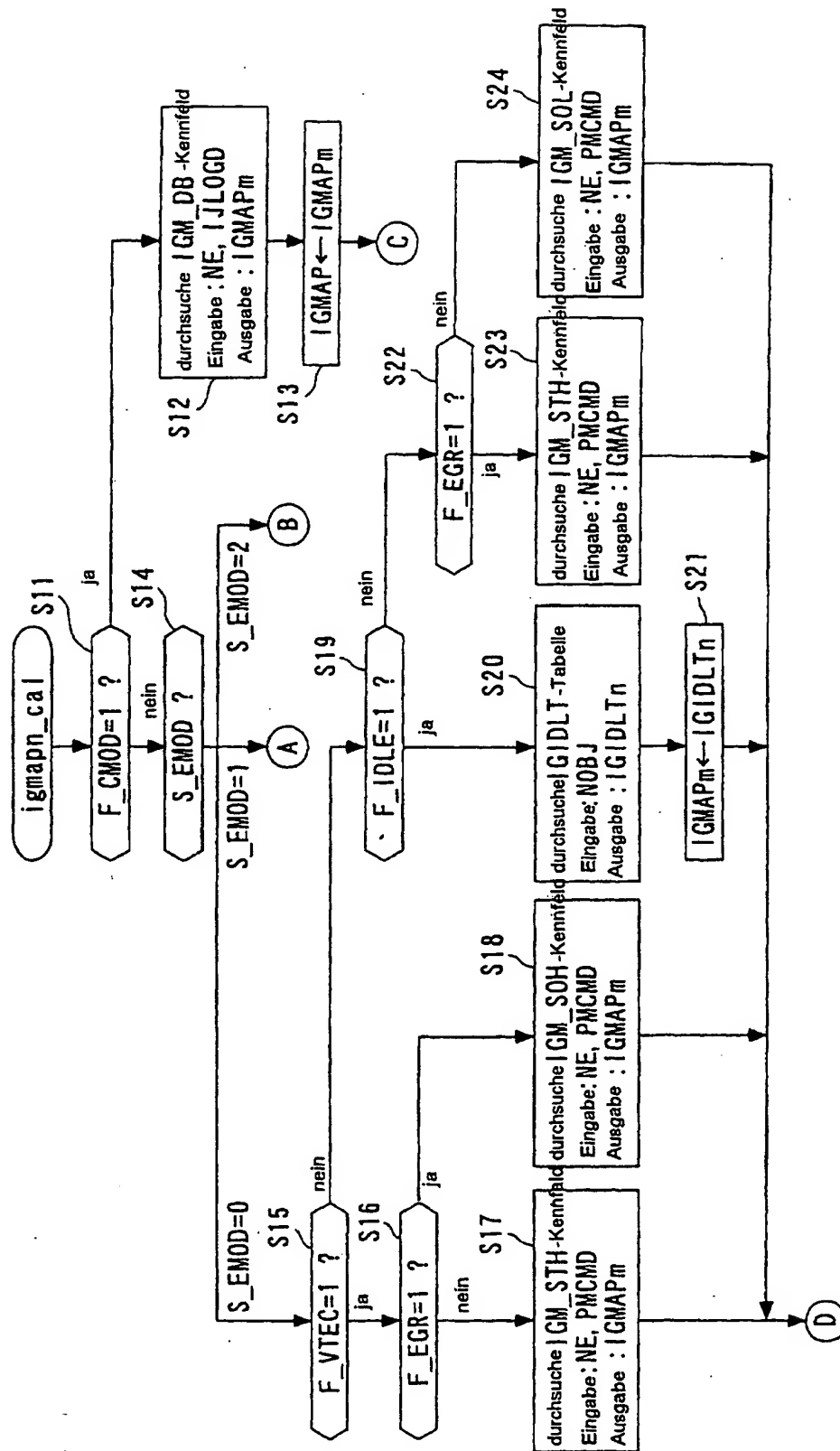




FIG. 3

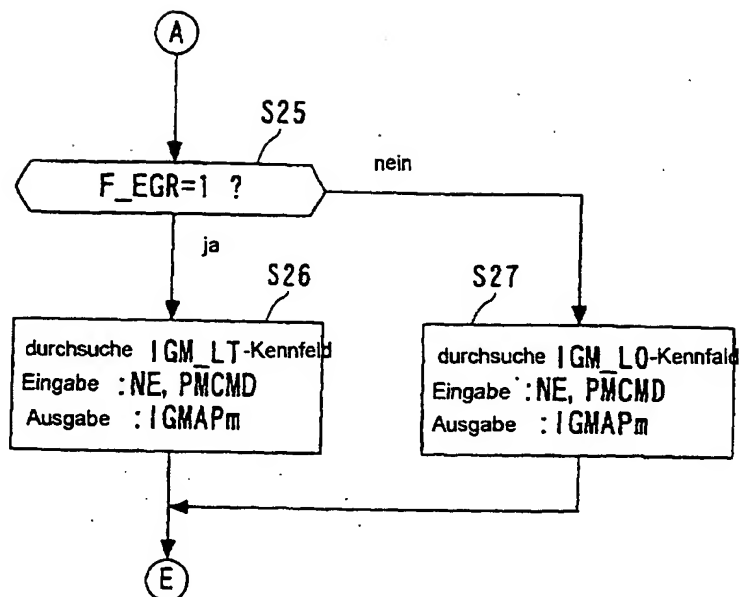


FIG. 4

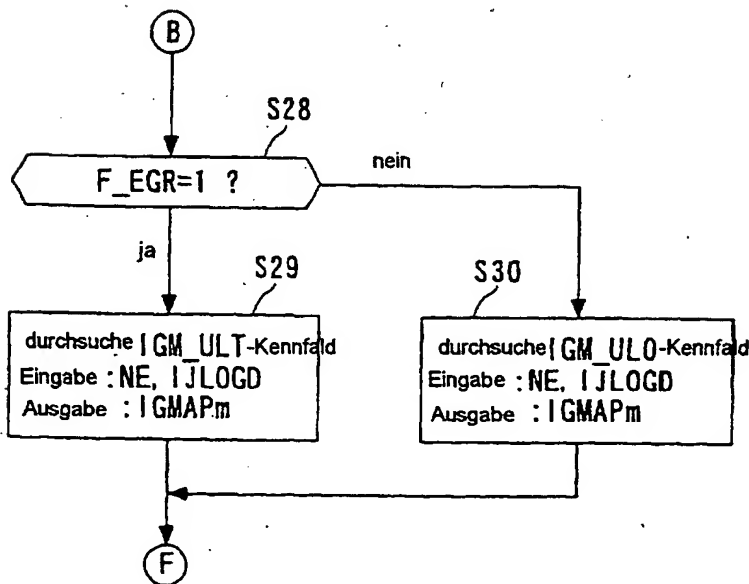


FIG. 5

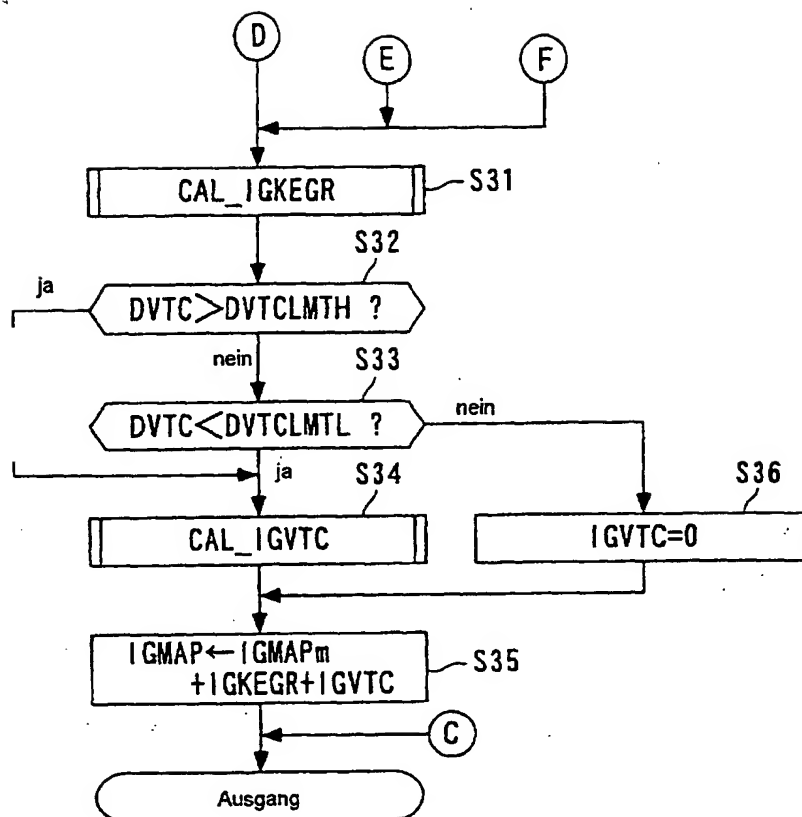


FIG. 6

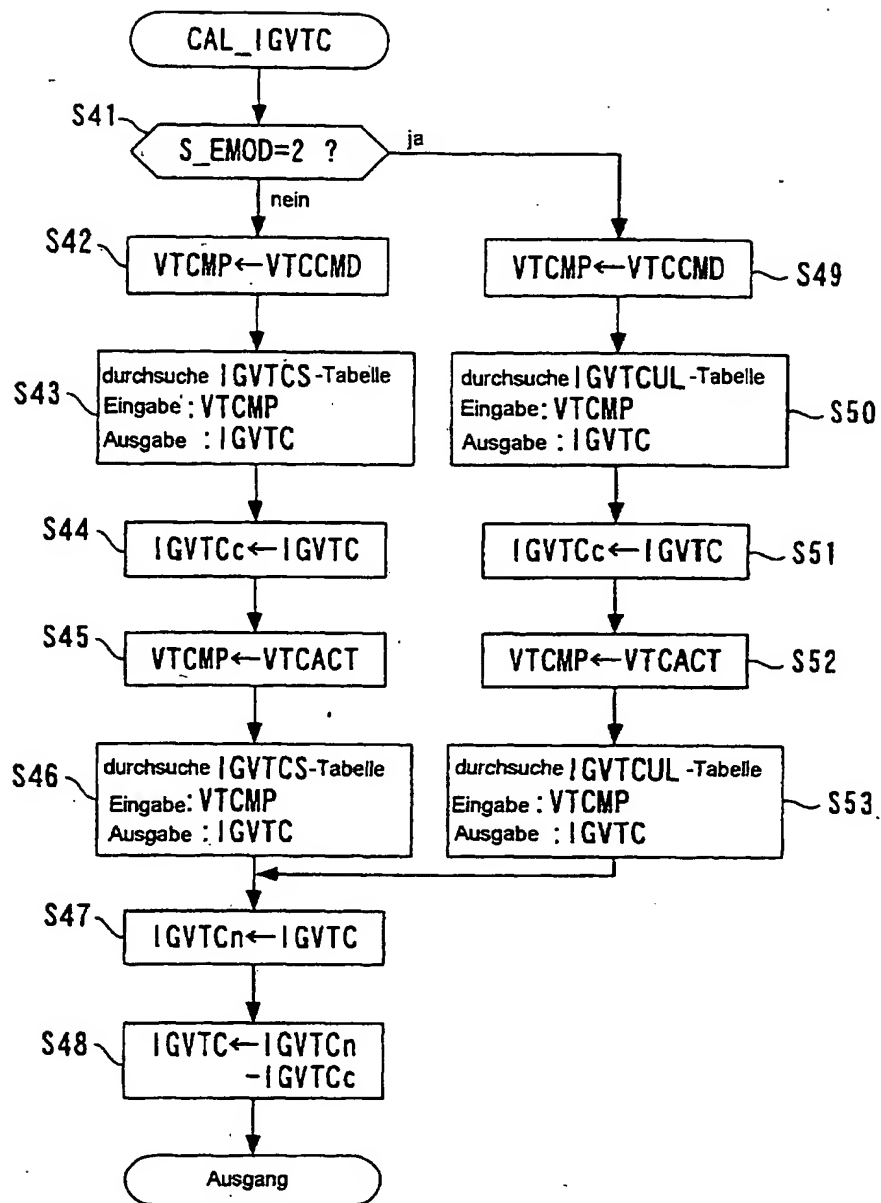


FIG. 7

